

МОДЕЛИ ВЛАСТНЫХ ИЕРАРХИЙ НА ГЛОБАЛЬНОМ УРОВНЕ[#]

Г. А. Угольников*, А. Б. Усов**

***Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

*✉ gaugolnickiy@sfedu.ru, **✉ abusov@sfedu.ru

Аннотация. Исследуются глобальные властные иерархии. Глобальная властная иерархия представляет собой трёхуровневую систему управления глобального уровня, на верхнем уровне которой находится Центр. Вторым уровнем образуют агенты влияния, подчинённые Центру. На третьем уровне находятся базовые агенты, подчинённые своим агентам влияния. Модель рассматривается в динамической дискретной постановке. Сформулирован алгоритм нахождения решения игры Гермейера Γ_{1r} . Проведено исследование модели путём компьютерной имитации для модельных входных параметров и для данных, соответствующих мировым реалиям в период с 1990 по 2025 гг. Дан анализ полученных результатов. В частности, проанализированы условия возникновения однополярной, двухполярной и многополярной властной иерархии на глобальном уровне. Показано, что основным условием многополярности мира является достаточно большое значение начального количества ресурса. Если эта величина достаточно велика, то независимо от значений параметров конкуренции, мир становится многополярным. Однако на практике все ресурсы ограничены, поэтому возникает двухполярный или однополярный мир в зависимости от силы властных иерархий и значений параметров конкуренции.

Ключевые слова: властные иерархии, имитационное моделирование, игры Гермейера, равновесие Нэша, разностные игры.

ВВЕДЕНИЕ

Современные исследования властных иерархий опираются на междисциплинарные подходы, объединяющие социологию, политологию и психологию с использованием математических моделей и информационных технологий. Отметим работы А. П. Михайлова [1–3], в которых подчёркивается необходимость комплексного анализа, учитывающего разнообразие факторов, влияющих на властные структуры. Большой интерес представляют работы М. Л. Хазина [4, 5], описывающие теорию властных иерархий, но в них математические модели не используются. Интересны подходы к постановке задачи, предложенные в работах [6–9].

В данной статье используются постановки и результаты статьи [10]. По сравнению с работой [10] уточнён алгоритм исследования модели при использовании информационного регламента игры

Гермейера Γ_{1r} , использованы данные для моделирования властных иерархий глобального уровня, образующих основу многополярного мира. Отметим, что агентами многополярного мира выступают цивилизации [11, 12], организации которых присуща двойственность. С одной стороны, в состав цивилизации входят юридически независимые суверенные государства, обладающие определённой экономической и культурной самостоятельностью. С другой стороны, фактически цивилизация представляет собой властную иерархию, участники которой делегируют своему ведущему государству или некоторому координирующему органу основные полномочия по взаимодействию с другими полюсами, обеспечению обороны, расчётам в единой валюте и т. д. В статье рассматривается цивилизация именно с этой точки зрения.

Статья организована следующим образом. В § 1 приведена математическая постановка задачи для случая трёхуровневых властных иерархий типа «Центр – агенты влияния – базовые агенты». В § 2 приведены результаты численных расчётов для

[#] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 25-11-00094.



модельных примеров и реальных данных и их анализ. В заключении представлены основные выводы.

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При построении математической модели глобальных властных иерархий будем следовать авторскому подходу, сформулированному в статье [10]. Глобальная властная иерархия представляет собой многоуровневую структуру управления. Ниже при исследовании глобальных властных иерархий будем использовать трёхуровневые системы управления.

В таких системах управления имеется:

- несколько конкурирующих между собой за власть (властный ресурс) субъектов верхних уровней иерархии (Центров властных структур, полюсов многополярного мира);

- несколько подчинённых каждому Центру субъектов управления среднего уровня (агентов влияния), конкурирующих между собой;

- несколько подчинённых каждому агенту влияния субъектов управления нижнего уровня (базовых агентов), также конкурирующих между собой.

Ресурс создаётся общими усилиями базовых агентов всех властных структур. Достаточно сильное модельное предположение состоит в том, что агенты влияния и Центры не создают ресурс, а только регулируют процесс его создания. Поэтому в каждый момент времени доля ресурса, контролируемая властной группировкой (её объём власти), пропорциональна совокупным усилиям базовых агентов этой группировки. Каждый агент (в том числе каждый из Центров) располагает некоторыми ресурсами и делит их между усилиями по увеличению доли властного ресурса своей группировки и усилиями, направленными на конкуренцию с другими агентами или Центрами. Выигрыш каждого агента складывается из полезности от увеличения совместно создаваемого ресурса и от победы над конкурентами. В такой формулировке задачи используется идеология согласования общественных и частных интересов (СОЧИ) [13, 14]. Базовые агенты в качестве управлений используют свои усилия, ресурсы – например, время, которое они тратят на увеличение властного ресурса своей группировки. Агенты влияния в качестве управления используют контроль деятельности своих базовых агентов (ограничивают снизу их усилия по созданию ресурса, т. е. накладывают ограничения на «эгоизм» базовых агентов). Аналогично, Центры контролируют деятельность своих агентов влияния. Именно в этом выражается основная ре-

гулирующая функция Центров и агентов влияния, отмеченная в начале абзаца. В качестве примера можно привести требование США к своим союзникам по НАТО тратить не менее чем определённую долю своего ВВП на военные расходы, т. е. фактически на покупку оружия у самих США. Подобные требования к подчинённым агентам (допустим, использовать в расчётах только валюту Центра или те же системы вооружений) могут на основе своего влияния предъявлять и другие Центры.

Итак, модель системы трёхуровневых властных иерархий имеет следующий вид [10].

$$J_i = \sum_{t=1}^T \delta^t \left[\left(A - \sum_{p=1}^N v_p^t \right) v_i^t + R_i^t \right] \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$0 \leq q_{ij}^t \leq 1; \quad (2)$$

$$J_{ij} = \sum_{t=1}^T \delta^t \left[\left(A_i - \sum_{r=1}^{n_i} v_{ir}^t \right) v_{ij}^t + R_{ij}^t \right] \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$q_{ij}^t \leq q_{ijk}^t \leq 1, \quad (4)$$

$$J_{ijk} = \sum_{t=1}^T \delta^t \left[\left(A_{ij} - \sum_{s=1}^{m_{ij}} v_{ijs}^t \right) v_{ijk}^t + R_{ijk}^t \right] \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$q_{ijk}^t \leq u_{ijk}^t \leq 1, \quad (6)$$

$$R^t = \left(1 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t \right) R^{t-1}, \quad R^0 = R_0, \quad (7)$$

$$R_i^t = \begin{cases} \frac{R^t \left(\sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t \right)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t}, & \text{если } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t > 0, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (8)$$

$$R_{ij}^t = \begin{cases} \frac{R_i^t \left(\sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t \right)}{\sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t}, & \text{если } \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t > 0, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (9)$$

$$R_{ijk}^t = \begin{cases} \frac{R_{ij}^t u_{ijk}^t}{\sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t}, & \text{если } \sum_{k=1}^{m_{ij}} u_{ijk}^t > 0, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (10)$$

$$i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, n_i,$$

$$k = 1, \dots, m_{ij}, \quad t = 1, \dots, T.$$

Здесь:

i – индекс Центра (руководимой им властной иерархии);

j – индекс агента влияния;

k – индекс базового агента;

t – временной индекс;

N – число властных иерархий;

n_i – число властных группировок i -й иерархии;

m_{ij} – число базовых агентов j -го агента влияния i -й иерархии;

J_i, J_{ij}, J_{ijk} – выигрыши Центра, агента влияния и базового агента соответственно;

$R^t, R_i^t, R_{ij}^t, R_{ijk}^t$ – общий ресурс, ресурс властной иерархии (Центра), властной группировки (агента влияния) и базового агента соответственно в момент времени t ;

q_{ij}^t – управление Центра, применяемое к данному агенту влияния в момент времени t ;

$\sum_{j=1}^{n_i} q_{ij}^t$ – усилия Центра, затрачиваемые на контроль своей иерархии;

$$v_i^t = \begin{cases} 1 - \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij}^t, & \text{если } 1 - \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij}^t > 0 \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad \text{– доля усилий}$$

Центра на конкуренцию с другими Центрами;

q_{ijk}^t – управление агента влияния, применяемое к данному базовому агенту в момент времени t ;

$\sum_{k=1}^{m_{ij}} q_{ijk}^t$ – доля усилий агента влияния на контроль своей группировки в момент времени t ;

$$v_{ij}^t = \begin{cases} 1 - \sum_{k=1}^{m_{ij}} q_{ijk}^t, & \text{если } 1 - \sum_{k=1}^{m_{ij}} q_{ijk}^t > 0, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad \text{– доля уси-$$

лий агента на конкуренцию с другими агентами влияния своей иерархии;

$$v_{ijk}^t = \begin{cases} 1 - u_{ijk}^t, & \text{если } 1 - u_{ijk}^t > 0, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad \text{– доля усилий}$$

агента на конкуренцию с другими базовыми агентами своей группировки;

u_{ijk}^t – доля усилий базового агента на увеличение ресурса;

A, A_i, A_j – параметры конкуренции;

$\delta \in (0, 1)$ – коэффициент дисконтирования;

R_0 – начальное значение общего ресурса;

T – горизонт планирования.

При $i=1, \dots, N$ соотношения (1)–(10) определяют разностную игру N лиц в нормальной форме.

Система властных иерархий может быть однополярной, двухполярной или многополярной. Однополярная система возникает при наличии явного доминирования одной иерархии, превосходящей все остальные по совокупности экономических, военных и политических показателей. Условия для её возникновения: значительное ослабление потенциальных конкурентов; экономический прорыв, обеспечивающий технологическое превосходство и военное доминирование. Двухполярная система возникает при наличии двух сопоставимых по силе Центров, конкурирующих за своё влияние. Для её формирования необходимы примерно равные экономические и военные потенциалы двух иерархий, значительно превосходящие потенциалы остальных иерархий. Многополярная система властных иерархий характеризуется наличием нескольких центров силы, ни один из которых не обладает достаточным превосходством для единоличного доминирования. Условия для её образования – относительное равенство экономического, политического и военного потенциала нескольких иерархий.

Дадим математическую формализацию вышесказанного.

Определение [10]. Система властных иерархий в момент времени t :

– *однополярная*, если $\exists i \in \{1, \dots, N\} R_i^t \geq 0,75R^t$;

– *двухполярная*, если $\exists i, j \in \{1, \dots, N\} R_i^t + R_j^t \geq 0,75R^t \wedge |R_i^t - R_j^t| \leq 0,15R^t$;

– *многополярная*, иначе. ♦

Конечно, свойство однополярности определено субъективно: значение коэффициента 0,75 взято из достаточно общих соображений «квалифицированного большинства», коэффициент «сравнимости полюсов» 0,15 тоже произволен. Так или иначе, представляют большой интерес условия возникновения систем властных иерархий с различным числом полюсов. Эти условия и анализируются далее.

2. ИМИТАЦИОННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Исследование модели (1)–(10) проводится численно путём имитационного моделирования согласно следующему алгоритму.

1. Решается параметрическая задача нелинейной оптимизации (5), (6), (10), представляющая собой игру в нормальной форме $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} m_{ij}$ игроков (базовых агентов всех властных группировок). В



результате строится равновесие Нэша, параметрически зависящее от управлений агентов влияния.

2. Найденные в п. 1 алгоритма стратегии базовых агентов всех властных группировок $\{u_{ijk}^t\}_{t=1k=1}^{T m_{ij}}$ подставляются в формулы (7)–(9). Решается n_i ($i = 1, 2, \dots, N$) задач оптимизации агентов влияния (3), (4) при ограничениях (9), т. е. игра среднего уровня (3), (4), (9). Каждая такая задача представляет собой задачу параметрического оптимального управления. Определяется набор оптимальных стратегий агентов влияния, параметрически зависящих от управления своего Центра (стратегий $\{q_{ijk}^t\}_{t=1k=1}^{T m_{ij}}$). При этом у каждого агента влияния оптимальной оказывается стратегия, порождённая некоторым равновесием Нэша из игры базовых агентов.

3. Найденные в п. 1 алгоритма стратегии базовых агентов всех властных группировок $\{u_{ijk}^t\}_{t=1k=1}^{T m_{ij}}$ подставляются в формулы (1), (2), (8). Решается игра верхнего уровня (1), (2), (8). Полученное равновесие Нэша обозначим $\{q_{ij}^t\}_{t=1j=1}^{T n_i}$.

4. Полученный набор $\{q_{ij}^t, q_{ijk}^t, u_{ijk}^t\}_{t=1j=1k=1}^{T n_i m_{ij}}$ есть решение игры Гермейера Γ_{it} (1)–(10) при фиксированном i , а совокупность этих решений для всех $i = 1, \dots, N$ есть решение общей разностной игры.

Аналитическое решение задачи (1)–(10) затруднено нелинейностью модели и наличием

большого числа субъектов, принимающих решения. Поэтому решение модели было проведено численно согласно указанному выше алгоритму.

2.1. Модельные примеры

В связи с ограниченностью ресурсов исследования все эксперименты были проведены для случая $N = 3$; $n_i = 2$; $m_{ij} = 2$; $i = 1, 2, 3$; $j = 1, 2$; $T = 4$. Перед проведением вычислительных экспериментов был разработан следующий план.

1. Выбирались входные параметры модели $R_0, A, A_1, A_2, A_3, A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}, A_{31}, A_{32}$.

2. Все величины перебирались с шагом 2.

3. Значение R_0 варьировалось от 1 до 200; A от 2 до 60; A_1, A_2, A_3 и $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}, A_{31}, A_{32}$ от 0,1 до 60 каждое.

4. Для каждого прогона модели находилось равновесие игры Гермейера Γ_{it} и определялось, является ли мир однополярным, двухполярным или многополярным.

Всего было проведено порядка 1000 вычислительных экспериментов, результаты части которых приведены в табл. 1. Расчёты показали, что при различных значениях параметров конкуренции A, A_i, A_{ij} всегда находится такое значение начального количества ресурса R_{00} , что при $R_0 > R_{00}$ мир является многополярным, а при $R_0 \leq R_{00}$ имеется сразу несколько различных равновесий Нэша, при некоторых из которых мир становится однополярным, при других – двухполярным, и есть ровно одно равновесие Нэша, при котором мир остаётся многополярным.

Таблица 1

Входные данные и результаты счета

№	A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁₁	A ₁₂	A ₂₁	A ₂₂	A ₃₁	A ₃₂	R ₀₀
1	10	5	0,3	1	1	2	2	2	0,1	0,1	2,4
2	5	2	1	2	2	2	5	5	1	0,1	1,1
3	2	1	0,3	5	10	2	2	5	1	1	0,8
4	10	0,1	1	10	5	1	5	28	0,1	0,1	2,7
5	5	10	2	15	2	2	5	2	0,2	0,1	1,7
6	2	5	5	20	2	1	2	1	0,2	0,5	0,3
7	10	2	10	25	5	1	1	2	0,5	0,5	2,6
8	20	2	15	30	5	0,5	1	1	0,5	0,1	6,2
9	30	0,1	15	25	10	0,5	0,2	0,5	0,5	1	8,7
10	2	1	20	20	10	1	0,2	0,5	1	0,5	5,2
11	5	2	20	15	5	1	0,5	1	1	0,5	1,1
12	10	5	1	10	5	0,5	0,5	0,2	1	0,1	2,8
13	20	10	2	5	1	0,5	2	1	0,5	1	5,8
14	2	15	0,2	2	5	0,5	1	1	0,5	1	4,2
15	5	20	5	1	5	2	1	5	0,2	0,1	4,5
16	10	25	5	0,1	5	0,2	1	5	0,2	0,2	2,6
17	20	30	10	5	1	1	2	2	0,2	0,2	6,8
18	5	20	10	10	2	1	2	2	0,1	0,1	3,9
19	2	25	2	15	2	0,1	0,5	1	0,1	0,2	0,3
20	10	40	5	0,3	1	2	2	2	0,1	0,1	2,5

Так, в случае $A = 10$; $A_1 = 40$; $A_2 = 5$; $A_3 = 0,3$; $A_{11} = 1$; $A_{12} = A_{21} = 2$; $A_{3j} = 0,1$; $j = 1, 2$ этим значением оказывается $R_{00} = 2,5$ у. е. (условных единиц).

При $R_0 > 2,5$ у. е. имеется только одно равновесие Нэша. Во всех случаях мир получается многополярным и, например, в случае $R_0 = 8$ у. е. получим, что в равновесии Нэша $J_1 = J_2 = J_3 = 53,3$ у. е.; $R^1 = 32$; $R^2 = 128$; $R^3_i = 10,66$; $R^2_i = 42,66$; $i = 1, 2, 3$; при $R_0 = 3$ у. е. и остальных входных данных предыдущего примера получаем $J_1 = J_2 = J_3 = 20$ у. е.; $R^1 = 12$; $R^2 = 48$; $R^3_i = 4$; $R^2_i = 16$; $i = 1, 2, 3$.

При $R_0 = 2,5$ у. е. имеется четыре равновесия Нэша, в трёх из которых мир является двухполярным, а в одном случае – многополярным.

При $R_0 < 2,5$ у. е. имеется семь равновесий Нэша, в трёх из которых мир является двухполярным, в трёх – однополярным и в одном – многополярным.

В целом, во всех проведённых имитационных экспериментах удалось определить значение величины R_{00} , обладающей указанными выше свойствами.

Таким образом, при достаточно большом значении начального количества ресурса R_0 мир многополярен независимо от значений параметров конкуренции; если количество ресурса ограничено, то возникает двухполярный или однополярный мир в зависимости от силы иерархий и значений параметров конкуренции.

На рис. 1 показана зависимость величины R_{00} от параметра конкуренции A для входных данных примеров 1 (жирная линия), 2 (пунктирная), 3 (штрихпунктирная) (номера примеров указаны в первом столбце табл. 1). С ростом значения параметра A величина R_{00} растёт линейно или степенным образом.

Значение параметра конкуренции A определяет значение величины R_{00} . При любых значениях параметров конкуренции A_i , A_{ij} существует значение начального количества ресурса R_{00} , отделяющее случай многополярного мира от случая, когда имеется семь разных равновесий Нэша, соответствующих одно-, двух- и многополярному миру. Но значение величины R_{00} зависит только от параметра конкуренции на верхнем уровне A и не зависит от параметров конкуренции на нижних и средних уровнях иерархии A_i , A_{ij} .

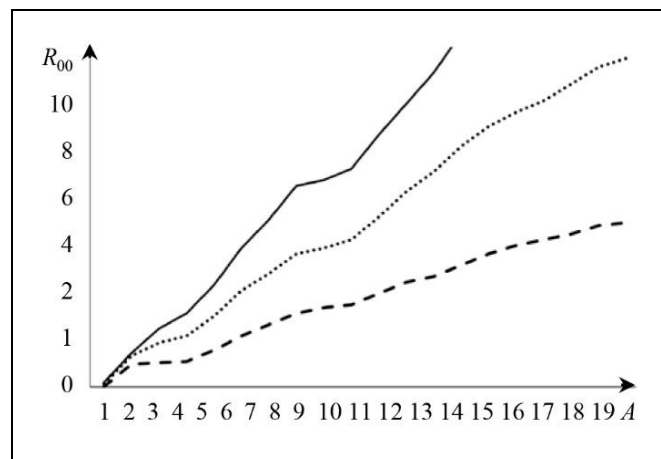


Рис. 1. Зависимость величины R_{00} от параметра конкуренции A

На рис. 2 показана зависимость количества равновесий Нэша (M) от начального количества ресурса R_0 для входных данных примеров 1 (сплошная жирная линия), 8 (штрихпунктирная) и 9 (пунктирная линия). Все линии начинаются в точке $(0, 7)$ и вначале совпадают с горизонтальной прямой $y = 7$, потом терпят разрыв с перескоком через точку $(x_1, 4)$ в горизонтальную прямую $y = 1$; точка разрыва (x_1) зависит от входных параметров примера.

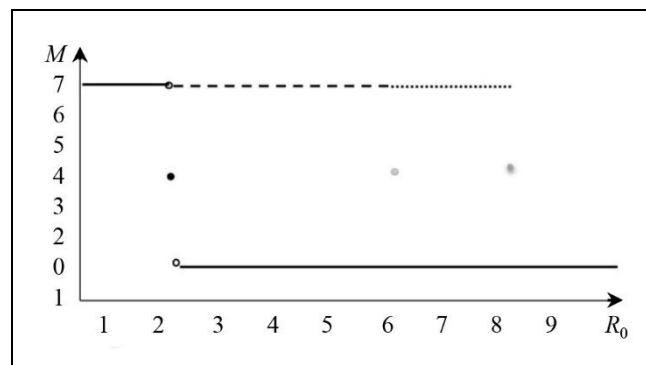


Рис. 2. Зависимость числа равновесий Нэша от начальной величины ресурса R_0

2.2. Примеры глобальных властных иерархий

В роли глобальных властных иерархий выступают объединения государств, отношения между которыми строятся на основе иерархии. Властные иерархии соединяют государства, создавая между ними сложный механизм взаимодействий, где одни страны выступают в роли лидеров (ведущих), а другие – в роли последователей (ведомых).

При моделировании таких иерархий важно правильно провести идентификацию входных данных модели. Для описания силы и влияния государства необходимо учесть его экономическую мощь, ресурсные возможности по наращиванию экономического и оборонного потенциала, наличие военной мощи, способной оказывать силовое давление на другие страны.

Определение мощи государства – сложная и многогранная задача, требующая учёта множества взаимосвязанных факторов. Мощь государства не сводится лишь к военной силе или экономическому благосостоянию, но представляет собой комплексную характеристику его потенциала и влияния на международной арене, включающую в себя его военную и экономическую мощь, политическую стабильность, демографический потенциал и культурное влияние на другие страны. Все эти показатели взаимосвязаны и влияют друг на друга.

Одним из показателей мощи государства является индекс национальной силы Global Power Index (Индекс глобальной мощи), разработанный американской компанией Gullibility Intelligence. Индекс национальной силы – это комплексный показатель, предназначенный для оценки и сравнения мощи государств на международной арене. Он учитывает широкий спектр факторов, от экономических показателей и военной мощи до де-



мографических характеристик и технологического развития.

Показатели национальной силы для 193 стран – членов ООН за 2024 г. представлены на сайте Индекса национальной силы [15]. В табл. 2 приведены данные по наиболее мощным странам согласно этому индексу на 01.01.2025.

На основании данных табл. 2 были выведены входные данные для модели (1)–(10) для расчёта силы властных иерархий.

Таблица 2

Индекс национальной силы ведущих стран мира по состоянию на 01.06.2025

Страна	Значение
КНР	12,95
США	10,19
РФ	5,68
Индия	5,3
Бразилия	3,31
Канада	2,37
Германия	2,09
Япония	1,89
Индонезия	1,74
Франция	1,7
Австралия	1,64
Иран	1,63
Республика Корея	1,52
Саудовская Аравия	1,52

В качестве глобальных властных иерархий с определённой условностью были приняты:

– первая властная коалиция – США (агенты влияния Канада и Германия, базовые агенты Япония, Франция, Австралия и Великобритания);

– вторая коалиция – Китай (агенты влияния Пакистан, Бразилия, базовые агенты Нигерия, Вьетнам, Египет, ДР Конго);

– третья коалиция – Россия (агенты влияния Индия, Иран, базовые агенты Индонезия, Республика Корея, Венесуэла, Казахстан).

Для расчётов были взяты следующие входные данные: $N = 3$; $n_i = 2$; $i = 1, 2, 3$; $m_{ij} = 2$; $i = 1, 2, 3$; $j = 1, 2$; $R_0 = 100$ у. е.; $A = 100$; $A_1 = 10,19$; $A_2 = 12,05$; $A_3 = 5,68$; $A_{11} = 2,37$; $A_{12} = 1,89$; $A_{21} = 1,04$; $A_{22} = 3,29$; $A_{31} = 5,89$; $A_{32} = 1,63$.

В ходе проведённого эксперимента было найдено только одно равновесие Нэша, соответствующее многополярному миру.

В этом случае $J_1 = J_2 = J_3 = 666,7$ у. е.; $R^1 = 400$; $R^2 = 600$; $R^1_i = 133$; $R^2_i = 533$; $i = 1, 2, 3$.

Действительно, в настоящее время мир становится многополярным с центрами в Китае, США и России с учётом их союзников.

В табл. 3 приведено сравнение интегральных макроэкономических показателей США, России и Китая с 1990 по 2025 гг. на основе работ [16–18]. Эти показатели включают валовый внутренний продукт, уровни инфляции и безработицы, производительность труда и т.д.

На основании данных, приведённых в табл. 3, с учётом изложенного в работах [16–18] для остальных стран, были проведены расчёты всех входных параметров глобальных властных иерархий (центры властных иерархий – США, Китай, Россия) за 1990–2025 гг. для случая $N = 3$; $n_i = 2$; $i = 1, 2, 3$; $m_{ij} = 2$; $i = 1, 2, 3$; $j = 1, 2$ и входных данных из табл. 4.

Таблица 3

Индекс национальной силы трёх ведущих стран мира

Страна	Год						
	1990	1995	2000	2010	2015	2020	2025
США	6,2	8,1	6,3	8,5	8,6	7,1	10,19
Китай	4,5	6,2	4,7	10,7	11,5	12,0	12,95
Россия	3,1	2,7	3,5	5,3	5,5	5,6	5,68

Таблица 4

Входные параметры за 1990–2025 гг.

Год	R_0	A	A_1	A_2	A_3	A_{11}	A_{12}	A_{21}	A_{22}	A_{31}	A_{32}
1990	8	20	6	5	3	1,2	1,1	0,8	0,6	0,76	1,03
1995	11	27	8	6	2	1,8	1,6	1,0	0,9	0,65	0,91
2000	7	21	6,3	5,4	2,9	1,7	1,9	1,8	1,9	1,1	0,9
2005	5	26	7,1	8,7	2,9	2,0	2,5	1,9	2,3	1,1	0,86
2010	13	29	7,5	10,4	3,2	2,3	2,9	2,4	2,7	1,3	1,0
2015	15	30	8,1	12,5	3,4	3,1	3,2	3,2	2,9	1,5	1,2
2020	18	32	8,8	13,3	3,7	3,3	3,5	3,4	3,4	1,7	1,5
2024	22	34	9,1	13,9	3,9	3,7	3,9	3,8	3,8	1,9	1,8

В 1990, 2020 и 2025 гг., согласно проведённым расчётам, было получено по одному равновесию Нэша и мир является многополярным, а в 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 гг. найдено по семь равновесий Нэша, в трёх из которых мир оказывается двухполярным, в трёх – однополярным и в одном многополярным. При однополярном мире существует один доминирующий центр власти, влияния и принятия решений. Обычно это связано с тем, что одна страна или блок стран (в рассматриваемом примере США) имеет значительно большее влияние на глобальные политические, экономические и военные процессы по сравнению с другими государствами. Такая система может привести к игнорированию интересов других стран и возникновению конфликтов. С течением времени мир стал более многополярным с ростом влияния таких стран, как Китай и Россия, что привело к более сложной и конкурентной международной политике.

Наличие нескольких равновесий Нэша в один и тот же момент времени говорит о том, что при таком наборе входных данных мир может с разной вероятностью быть одно-, двух- или многополярным. В этом случае существует несколько устойчивых стратегий, которые разные страны могут выбрать, и каждая из этих стратегий оптимальна с точки зрения каждой страны, учитывая стратегии остальных стран. В этом случае субъекты управления сталкиваются с трудностью в выборе, какую стратегию принять. Это приводит к неопределённости и нестабильности в их поведении, так как каждый из них может рассчитывать на то, что другие выберут разные стратегии. В результате субъекты управления нуждаются в механизмах координации, чтобы выбрать одно из равновесий. В целом, наличие нескольких равновесий Нэша подчёркивает сложность стратегического взаимодействия между странами и важность учёта контекста и механизмов, которые могут повлиять на выбор стратегий. Все эти особенности наблюдаются в поведении отдельных стран в настоящее время.

В табл. 5 приведены значения величины R_{00} по годам за 1990–2015 гг.

Таблица 5

Значения величины R_{00} по годам за 1990–2015 гг.

	Год							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
R_{00}	6,8	11,6	8,1	6,8	14,3	16,2	19,2	23,1

Отметим, что начиная с 2005 г. количество ресурса, при котором происходит изменение количества равновесий Нэша, непрерывно растёт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, на основе приведённой выше модели показано, что основным условием многополярности мира является достаточно большое значение начального количества ресурса. Если эта величина достаточно велика, то независимо от значений па-

раметров конкуренции, мир становится многополярным. Однако на практике все ресурсы ограничены, поэтому возникает двухполярный или однополярный мир в зависимости от силы властных иерархий и значений параметров конкуренции. Данный вывод подтверждается всей мировой историей. Одна из ключевых предпосылок многополярности заключается в изменении глобальной экономической структуры. Растущие экономики стран, таких как Китай, Индия и Бразилия, становятся всё более влиятельными на международной арене. Эти государства продолжают увеличивать свои экономические показатели и стремятся занять более активную позицию в мировой политике.

Как подтвердили проведённые имитационные эксперименты, до распада СССР в мире была двухполярная система властных иерархий с центрами в СССР и США. После распада СССР образовалась однополярная система с центром в США, которая впоследствии постепенно превратилась в двухполярную систему с центрами в США и Китае. Наконец, в последнее время происходит преобразование мировой системы в многополярную систему властных иерархий с центрами в США, Китае и России; возможно, и другие государства смогут стать центрами властных иерархий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов А.П. Математическое моделирование динамики распределения власти в иерархических структурах // Математическое моделирование. – 1994. – Т. 6, № 6. – С. 108–138. [Mikhailov, A.P. Mathematical Modelling of Power Distribution Dynamics in Hierarchical Structures // Mathematical Models and Computer Simulations. – 1994. – Vol. 6, no. 6. – P. 108–138. (In Russian)]
2. Михайлов А.П., Ланкин Д.Ф. О конструкциях властных иерархий // Математическое Моделирование. – 2009. – Т. 21, № 8. – С. 108–120. [Mikhailov, A.P., Lankin, D.F. The Structures of Power Hierarchies // Mathematical Models and Computer Simulations. – 2009. – Vol. 2, no. 2. – P. 200–210.]
3. Михайлов А.П., Петров А.П., Подлипская О.Г. Сравнительный анализ стратегий в модели противостояния власти и оппозиции // Математическое моделирование. – 2022. – Т. 34, № 11. – С. 67–76. [Mikhailov, A.P., Petrov, A.P., Podlipskaya, O.G. Comparative Analysis of Strategies in the Model of a Confrontation between the Government and Opposition // Mathematical Models and Computer Simulations. – 2022. – Vol. 15, no. 3. – P. 496–501.]
4. Хазин М. Лестница в небо. Диалоги о власти, карьере и мировой элите. – М.: РИПОЛ классик, 2022. – 624 с. [Hazin, M. Lestnica v nebo. Dialogi o vlasti, kar'ere i mirovoj ehlyte. – M.: RIPOL klassik, 2022. – 624 s. (In Russian)]
5. Хазин М., Щеглов С. Кризис и Власть. Т. I. Лестница в небо. – 544 с. – Т. II. Люди Власти. – 528 с. – М.: РИПОЛ классик, 2023. [Hazin, M., Shcheglov, S. Krizis i Vlast'. T. I. Lestnica v nebo. – 544 s. – T. II. Lyudi Vlasti. – 528 s. – M.: RIPOL klassik, 2023. (In Russian)]



6. *Fix, B.* Personal Income and Hierarchical Power // *J. of Econ. Issues.* – 2019. – Vol. 53, no. 4. – P. 928–945.
7. *Fix, B.* How the Rich Are Different: Hierarchical Power as the Basis of Income Size and Class // *J. of Computational Social Science.* – 2021. – Vol. 4. – P. 403–454.
8. *Koliba, C.* Liberal Democratic Accountability Standards and Public Administration // *Public Administration Review.* – 2024. – Vol. 84, No. 4. – P. 561–571.
9. *Nieto-Morales, F., Peeters, R., Lotta, G.* Burdens, Bribes, and Bureaucrats: The Political Economy of Petty Corruption and Administrative Burdens // *J. of Public Administration Research and Theory.* – 2024. – Vol. 34, No. 4. – P. 481–497.
10. *Горбанёва О.И., Угольников Г.А.* Модели управления во властных иерархиях // *Проблемы управления.* – 2024. – № 1. – С. 43–55. [*Gorbaneva, O.I., Ougolnitsky, G.A.* Control Models in Power Hierarchies // *Control Sciences.* – 2024. – No. 1. – P. 34–45.]
11. *Дугин А.Г.* Многополярный мир. От идеи к реальности. – М.: Академический проект, 2024. – 383 с. [*Dugin, A.G.* *Mnogopolyarnyi mir. Ot idei k real'nosti.* – М.: Akademicheskii projekt, 2024. – 383 s. (In Russian)]
12. *Дугин А.Г.* Теория многополярного мира. Плюриверсум. – М.: Академический проект, 2024. – 364 с. [*Dugin, A.G.* *Teoriya mnogopolyarnogo mira. Plyuriversum.* – М.: Akademicheskii projekt, 2024. – 364 s. (In Russian)]
13. *Горбанёва О.И., Угольников Г.А.* Цена анархии и механизмы управления в моделях согласования общественных и частных интересов // *Математическая теория игр и её приложения.* – 2015. – Т. 7, № 1. – С. 50–73. [*Gorbaneva, O.I., Ougolnitsky, G.A.* Price of Anarchy and Control Mechanisms in Models of Concordance of Public and Private Interests // *Matematicheskaya Teoriya Igr i Ee Prilozheniya.* – 2015. – Vol. 7, no. 1. – P. 50–73. (In Russian)]
14. *Угольников Г.А., Усов А.Б.* Динамические модели согласования частных и общественных интересов при продвижении инноваций // *Математическая теория игр и её приложения.* – 2019. – Т. 11, № 1. – С. 96–114. [*Ougolnitsky, G.A., Usov, A.B.* Dynamic Models of Private and Public Interests Combining in Promoting Innovations // *Matematicheskaya Teoriya Igr i Ee Prilozheniya.* – 2019. – Vol. 11, no. 1. – P. 96–114. (In Russian)]
15. *National Power Index.* – URL: <https://nationpowerindex.com/> (дата обращения: 08.11.2025). [Accessed November 8, 2025.]
16. *Бахтизин А.Р.* Гибридные войны и национальная безопасность России // *Экономическое возрождение России.* – 2024. – Т. 80, № 2. – С. 54–64. [*Bakhtizin, A.R.* Hybrid Wars and Russian National Security // *Economic Revival of Russia.* – 2024. – Vol. 80, no. 2. – P. 54–64. (In Russian)]
17. *Каранина Е.В., Лобанов В.И.* Сравнение ключевых индикаторов экономической безопасности США, России и Китая в разрезе глобальной социально-экономической повестки // *Russian Journal of Management.* – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 38–72. [*Karanina, E.V., Lobanov, V.I.* Comparison of Key Indicators of Economic Security of the USA, Russia and China in the Context of the Global Socio-Environmental Agenda // *Russian Journal of Management.* – 2023. – Vol. 11, no. 1. – P. 38–72. (In Russian)]
18. *Калабеков И.Г.* Россия, Китай и США в цифрах, 2008 – 2022 гг. Справочное издание. – М., 2022. – 141 с. [*Kalabekov, I.G.* *Rossiya, Kitaj i SSHA v cifrax, 2008 – 2022 gg. Spravochnoe izdanie.* – Moscow, 2022. – 141 s. (In Russian)]

Статья представлена к публикации членом редколлегии А. Г. Чхартишвили.

*Поступила в редакцию 08.12.2025,
после доработки 08.01.2026.
Принята к публикации 18.02.2026.*

Угольников Геннадий Анатольевич – д-р физ.-мат. наук,
✉ gaugolnickiy@sfedu.ru,
ORCID iD: 0000-0001-5085-5144

Усов Анатолий Борисович – д-р техн. наук,
✉ abusov@sfedu.ru,
ORCID iD: 0000-0003-1279-7291

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону.

© 2026 г. Угольников Г. А., Усов А. Б.



Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная.

MODELS OF POWER HIERARCHIES AT THE GLOBAL LEVEL

G. A. Ougolnitsky* and A. B. Usov**

***Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

*✉ gaugolnickiy@sfedu.ru, **✉ abusov@sfedu.ru

Abstract. This paper is devoted to global power hierarchies. A global power hierarchy is a three-level control system, with the upper level occupied by a Principal. The second (middle) level consists of influence agents subordinate to the Principal. At the third (lower) level, there are basic agents subordinate to influence agents. The model is considered in a dynamic discrete-time setting. An algorithm is formulated to solve the Germeier game Γ_{1t} . The model is studied via computer simulations using both model input parameters and data corresponding to global realities for the period from 1990 to 2025. The simulation results are analyzed. In particular, conditions for the emergence of a unipolar, bipolar, and multipolar power hierarchy at the global level are established. As shown, the main condition for a multipolar world is a large initial quantity of resources. If this quantity is sufficiently large, then regardless of the values of competition parameters, the world becomes multipolar. In practice, however, all resources are limited; therefore, a bipolar or unipolar world emerges, depending on the strength of power hierarchies and the values of competition parameters.

Keywords: power hierarchies, simulation modeling, Germeier games, Nash equilibrium, difference games.

Acknowledgments. This work was supported by the Russian Science Foundation, project no. 25-11-00094.